

**OFDM TRANSMISSION METHOD AND ITS TRANSMITTER-RECEIVER**

Patent Number: JP7079415  
Publication date: 1995-03-20  
Inventor(s): SEKI TAKASHI; others: 02  
Applicant(s): TOSHIBA CORP  
Requested Patent: ☒ JP7079415  
Application Number: JP19930221600 19930907  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H04N7/00  
EC Classification:  
Equivalents:

**Abstract**

**PURPOSE:**To reduce disturbance of broadcast by increasing an amplitude of a subcarrier at a frequency band in which a characteristic of a Nyquist filter of an analog television receiver is attenuated in the transmitter-receiver used for the orthogonal frequency division multiplexing.

**CONSTITUTION:**A clock signal is received by a timing circuit 315, a timing signal generated therefrom is fed to each circuit. A digital TV signal is inputted to a symbol coder 301, in which each subcarrier is converted into a symbol for the phase modulation system and the orthogonal amplitude modulation system. Symbol data are inputted to a serial parallel converter 302, in which N sets of parallel symbols are formed and n-sets of symbols are inputted to a complex multiplier 303 whose coefficient is (a), and n-sets of symbols whose amplitude is multiplied by (a) are given to a computing element 304 corresponding to subcarriers 1-n, and the amplitude of the obtained subcarriers 1-n is set larger than an amplitude of other symbol. Thus, the signal is sent while its band is limited through the use of a band pass filter 314.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-79415

(43)公開日 平成7年(1995)3月20日

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>  
H04N 7/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H04N 7/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数 8

O L

(全13頁)

(21)出願番号 特願平5-221600

(22)出願日 平成5年(1993)9月7日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 関 隆史

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株  
式会社東芝映像メディア技術研究所内

(72)発明者 石川 達也

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株  
式会社東芝映像メディア技術研究所内

(72)発明者 杉田 康

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株  
式会社東芝映像メディア技術研究所内

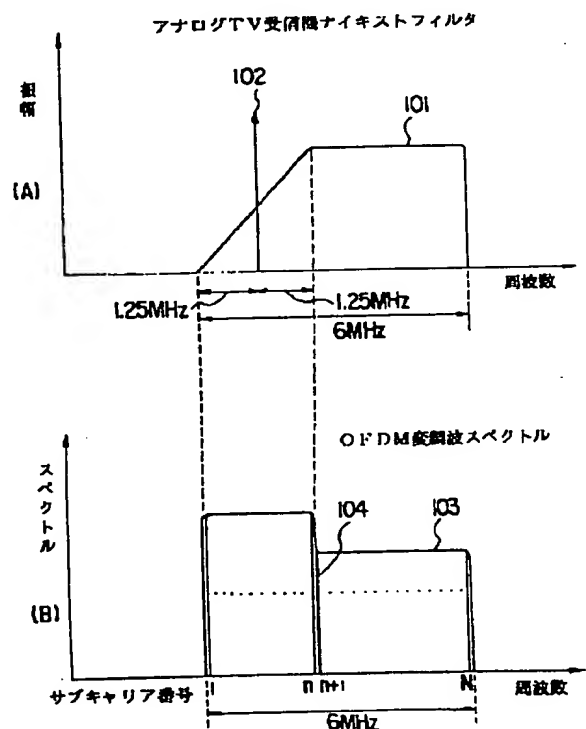
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】OFDM伝送方法とその送受信装置

(57)【要約】

【目的】アナログTV放送に与える妨害を少なく保と同時に、OFDMによるデジタルTV放送の耐妨害性を向上させ、またデジタル受信機とアナログ受信機との共用化を図れるようにする。

【構成】複数の変調されたサブキャリアを直交多重する変調方式(以下、OFDMと記す)を用いたデジタルTV放送を、残留側波帯振幅変調方式を用いたアナログTV放送と同一のチャンネルで行う場合、アナログTV受信機のナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域のOFDMサブキャリアの振幅を、それ以外の周波数帯域のOFDMサブキャリアの振幅よりも大きくする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の変調されたサブキャリアを直交多重する変調方式（以下、OFDMと記す）を用いたデジタルTV放送を、残留側波帯振幅変調方式を用いたアナログTV放送と同一のチャンネルで行う場合、アナログTV受信機のナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域のOFDMサブキャリアの振幅を、それ以外の周波数帯域のOFDMサブキャリアの振幅よりも大きくすることを特徴とするOFDM伝送方法。

【請求項 2】前記ナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域において、OFDM変調波のスペクトルがナイキストフィルタの逆特性になるようにOFDMサブキャリアの振幅を規定することを特徴とする請求項 1 記載のOFDM伝送方法。

【請求項 3】前記振幅の異なるサブキャリアに関して、それぞれ異なる情報を伝送することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のOFDM伝送方法。

【請求項 4】前記振幅の異なるサブキャリアに関して、それぞれ異なる変調方式で変調することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のOFDM伝送方法。

【請求項 5】複数のサブキャリアの中で、アナログTV受信機のナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域のサブキャリアを変調するシンボルの振幅を、それ以外の周波数帯域のサブキャリアを変調するシンボルの振幅よりも大きくする振幅制御手段と、前記複数のサブキャリアをOFDM変調するOFDM変調手段と、

OFDM変調された信号を伝送周波帯に周波数変換する周波数変換手段とを備えたことを特徴とする送信装置。

【請求項 6】複数のサブキャリアの中で、アナログTV受信機のナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域のサブキャリアを変調するシンボルの振幅を、それ以外の周波数帯域のサブキャリアを変調するシンボルの振幅よりも大きくし、前記複数のサブキャリアをOFDM変調し、OFDM変調されたOFDM変調波を伝送周波帯に周波数変換することにより送信されてきた前記OFDM変調波を受信する受信手段と、受信された信号の中から希望するチャンネルの信号を選択して中間周波信号に変換するチューナと、前記チューナの出力を帯域制限するナイキストフィルタと、

前記中間周波帯域フィルタの出力をベースバンド信号に周波数変換する手段と、

前記ベースバンド信号をOFDM復調する手段と、復調されたシンボルの中で前記ナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域のサブキャリアの復調シンボルの振幅を正規化する手段とを備えることを特徴とする受信装置。

【請求項 7】複数のサブキャリアの中で、アナログTV受信機のナイキストフィルタの特性が減衰している周波

数帯域のサブキャリアを変調するシンボルの振幅を、それ以外の周波数帯域のサブキャリアを変調するシンボルの振幅よりも大きくする手段と、

前記複数のサブキャリアをOFDM変調する手段と、OFDM変調された信号を伝送周波帯に周波数変換する手段とを備え、

前記シンボルの振幅を大きくする手段は、前記ナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域におけるOFDM変調波のスペクトルが前記ナイキストフィルタの逆特性になるようにシンボルの振幅を規定することを特徴とする送信装置。

【請求項 8】複数のサブキャリアの中で、アナログTV受信機のナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域のサブキャリアを変調するシンボルの振幅を、それ以外の周波数帯域のサブキャリアを変調するシンボルの振幅よりも大きくし、前記複数のサブキャリアをOFDM変調し、OFDM変調されたOFDM変調波を伝送周波帯に周波数変換して伝送するも、前記シンボルの振幅を大きくする場合は、前記ナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域におけるOFDM変調波のスペクトルが前記ナイキストフィルタの逆特性になるようにシンボルの振幅を規定している前記OFDM変調波を受信する受信手段と、

受信された信号の中から希望するチャンネルの信号を選択して中間周波信号に変換するチューナと、

前記チューナの出力を帯域制限するナイキストフィルタと、

前記ナイキストフィルタの出力をベースバンド信号に周波数変換する手段と、

前記ベースバンド信号をOFDM復調する手段とを備え、

残留側波帯振幅変調波を受信するのに前記チューナおよび前記ナイキストフィルタを共用することを特徴とする受信装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) を用いたデジタル伝送方法とその送受信装置に係わるもので、特にOFDMを用いたデジタル地上TV伝送方法とその送受信装置に有効なOFDM伝送方法とその送受信装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、高能率符号化技術とデジタル伝送技術を用いたデジタルTV伝送方式が研究されている。デジタルTV伝送において、デジタル変調技術は最も重要な技術の一つである。OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) は、マルチパスに強い、周波数利用効率が良い、他のサービスに妨害を与えにくいなどの特徴があり、デジタル地上TV伝送に適したデジタル変調方式として注目されている。OFDMを用いたデ

ジタルTV伝送システムは欧州で研究されており、例えば北欧諸国の開発グループによるHD-DIVINE方式(EBU Technical Review, Vol. 253, pp.40-47, 1992 参照)などがある。

【0003】OFDMは、伝送データを互いに直交する多数の搬送波(サブキャリア)に分散して、それぞれのサブキャリアを位相変調(PSK: Phase Shift Keying)方式、直交振幅変調(QAM: Quadrature Amplitude Modulation)方式などで変調する方式である。図8に、OFDM変調波のスペクトルを示す。それぞれのサブキャリアは互いに直交しているので、変調されたサブキャリアのスペクトルは図8に示すように互いにオーバーラップし、全体のスペクトルは伝送帯域内で平坦になる。多数のサブキャリアの変調および復調は、それぞれIFFT(Inverse Fast Fourier Transform)およびFFT(Fast Fourier Transform)によって行われる。

【0004】図9は、OFDMを用いた送信装置の従来例を示す図である。図9において、クロック信号はタイミング回路914に入力され、タイミング回路914によって生成されたタイミング信号が各回路に供給される。デジタルTV信号は、シンボル符号化器901に入力され、PSK方式やQAM方式の符号点(シンボル)に変換される。シンボル符号化器901からのシンボルデータ(I軸成分およびQ軸成分)は、直列並列変換器902に入力されて、OFDMのサブキャリア数(Nとする)の並列シンボルデータに変換される。シンボルのI軸成分を複素数の実部、Q軸成分を複素数の虚部とみなし、N個の複素データをIFFT演算器903のN個の入力端子にそれぞれ入力してIFFT演算を行うことによって、N個のサブキャリアを変調することができる。IFFT演算器903の出力は、N個のサブキャリアの変調波を合成した信号となる。IFFT演算器903のN個の出力は、並列直列変換器904に入力されて直列に変換される。並列直列変換器904の出力の実部および虚部は、それぞれアナログデジタル(A/D)変換器905、906でアナログ信号に変換され、低減通過フィルタ(LPF)907、908で帯域制限される。低減通過フィルタ907、908の出力は、それぞれ乗算器909、910に入力され、局発振器911からの位相0°および位相90°の局発信号によって直交変調される。乗算器909、910の出力は加算器912で加算され、帯域通過フィルタ913で帯域制限されて送信される。

【0005】図10は、OFDMを用いた受信装置の従来例を示す図である。図10において、受信信号はチューナ回路1001によって中間周波帯に変換され、帯域通過フィルタ(BPF)1002によって帯域制限される。帯域通過フィルタ1002の出力は、乗算器1003、1004に入力され、局発振器1005からの位相0°および位相90°の局発信号によって準同期直交

検波される。乗算器1003、1004の出力は、それぞれ低域通過フィルタ(LPF)1006、1007を通してアナログデジタル(A/D)変換器1008、1009に入力され、デジタル信号に変換される。ここで、クロック再生回路1014によって再生されたクロック信号がアナログデジタル変換器1008、1009に供給される。また、再生されたクロック信号はタイミング回路1015に入力され、タイミング回路1015によって生成されたタイミング信号が各回路に供給される。アナログデジタル変換器1008、1009の出力は、直列並列変換器1010に入力されて並列の複素データに変換される。直列並列変換器1010の出力をFFT演算器1011に入力してFFT演算を行うことによって、OFDM変調波が復調される。FFT演算器1011の出力の実部および虚部がそれぞれシンボルのI軸成分およびQ軸成分になる。OFDM復調されたN個のシンボルは、並列直列変換器1012に入力されて直列に変換される。並列直列変換器1012の出力は、シンボル識別器1013において遅延検波された後に識別されて、デジタルTV信号に復号される。

【0006】OFDMを用いたデジタルTV伝送システムを地上波伝送に応用する場合、現行のアナログTV放送と同一のチャンネルを用いてデジタル地上TV放送を行うことが考えられる。このときある地域をデジタル放送に用いられるチャンネルが、近接する他の地域でアナログ放送に用いられる場合があるので、デジタル放送とアナログ放送の相互干渉を少なくすることが重要である。

【0007】図11は、従来のOFDM伝送方法を示す図である。現行アナログ方式のチャンネル内のスペクトルは、例えばNTSC(National television System Committee)方式を例にすると、図11(A)に示すように映像搬送波、色副搬送波および音声副搬送波の付近にスペクトル成分が集中している。このためにHD-DIVINE方式などにおいては、図11(B)に示すようにアナログ方式の各搬送波付近のOFDMサブキャリアを使わないことによって相互干渉を減らしている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように、現行アナログTV放送と同一のチャンネルを用いてデジタル地上TV放送を行う場合は、デジタル放送とアナログ放送の相互干渉を少なくすることが重要である。

【0009】本発明は、アナログTV放送に与える妨害を少なく保つと同様に、しかもOFDMを用いたデジタルTV放送の耐妨害性を向上させ、またデジタルTV受信機とアナログTV受信機との共用化を図るのに有効なOFDM伝送方法とその送受信装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するた

10

20

30

40

50

めに、本発明は、OFDMを用いたデジタルTV放送を、残留側波帯振幅変調方式を用いたアナログTV放送と同一のチャンネルで行う場合において、アナログTV受信機のナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域のOFDMサブキャリアの振幅を、それ以外の周波数帯域のOFDMサブキャリアの振幅よりも大きくすることを特徴とするOFDM伝送方法とするものである。

【0011】また、複数のサブキャリアの中で、前記ナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域のサブキャリアを変調するシンボルの振幅を、それ以外の周波数帯域のサブキャリアを変調するシンボルの振幅よりも大きくする手段と、前記複数のサブキャリアをOFDM変調する手段と、OFDM変調された信号を送信周波帯に周波数変換する手段とを有することを特徴とする送信装置とするものである。

【0012】また、受信されたOFDM変調信号の中から希望するチャンネルの信号を選択して中間周波信号に変換するチューナと、前記チューナの出力を帯域制限する中間周波帯域フィルタと、前記中間周波帯域フィルタの出力をベースバンド信号に周波数変換する手段と、前記ベースバンド信号をOFDM復調する手段と、復調されたシンボルの中で前記ナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域のサブキャリアの復調シンボルの振幅を正規化する手段とを有することを特徴とする受信装置とするものである。

【0013】

【作用】上記の手段によって、アナログTV放送が妨害を受けにくい周波数帯域においてOFDMサブキャリアの振幅を大きくするので、アナログTV放送に与える妨害を少なく保つと同時に、OFDMを用いたデジタルTV放送の耐妨害性を向上させることができる。

【0014】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。図1は、本発明のOFDM伝送方法の一実施例を示す図である。図1(A)は、アナログTV受信機のナイキストフィルタの特性を示し、図1(B)はOFDM変調波のスペクトルを示す。図1において、101はアナログTV受信機におけるナイキストフィルタの特性、102はNTSC方式の映像搬送波、103はOFDM変調波のスペクトル、104はOFDMサブキャリアを示す。図に示すように、アナログTV受信機のナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域のサブキャリア(キャリア番号1からn)の振幅を、それ以外の周波数帯域のサブキャリア(キャリア番号n+1からN)の振幅よりも大きくして、それぞれをデジタル変調する。

【0015】ここで、現行のアナログTV放送に用いられているNTSC方式の伝送方法について説明する。図2は、NTSC方式の伝送方法を説明する図である。N

TSC方式においては、映像信号は残留側波帯振幅変調(VSB-AM)方式で変調される。図2(A)に示すように、映像信号の片側の側波帯の一部は除去され、音声信号と合わせて6MHzの周波数帯域幅で伝送される。受信機において、映像信号は図2(B)に示す特性のフィルタ(ナイキストフィルタ)を通った後で復調されるので、ナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域においてOFDMサブキャリアの振幅を大きくしても、NTSC信号に与える妨害が小さい。したがって、ナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域のOFDMサブキャリアの振幅を大きくすることによって、NTSC信号に対する妨害を増加させることなく、OFDM信号の耐妨害性及びチャンネル帯域の有効利用率を向上させることができる。

【0016】また図1において、振幅の異なるサブキャリアでそれぞれ異なる情報を伝送することによって伝送システムの信頼性を高めることができる。振幅の大きいサブキャリアはそれ以外のサブキャリアよりも妨害を受けにくいので、振幅の大きいサブキャリアに重要なデータを割り当てるようにする。例えば、一般に画像信号は低周波数成分を多く含んでいるので、画像の低周波数成分のデータを振幅の大きいサブキャリアに割り当てることによって、妨害を受けたときの画像の劣化を少なくすることができる。

【0017】また図1において、振幅の異なるサブキャリアをそれぞれ異なる変調方式で変調することによってデータの伝送効率を高めることができる。例えば、振幅の大きいサブキャリアは64QAM方式で変調し、それ以外のサブキャリアは16QAM方式で変調する。変調方式を多値化すると雑音などの影響を受けやすくなるが、振幅の大きいサブキャリアをそれ以外のサブキャリアよりも多値化することによって、伝送路の雑音などの影響を増加させることなくデータの伝送効率を高めることができる。

【0018】図3は、図1のOFDM伝送方法における送信装置の実施例を示す図である。図3において、クロック信号はタイミング回路315に入力され、タイミング回路315によって生成されたタイミング信号が各回路に供給される。デジタルTV信号はシンボル符号化器301に入力されて、PSK方式やQAM方式の符号点(シンボル)に変換される。シンボル符号化器301からのシンボルデータ(I軸成分およびQ軸成分)は、直列並列変換器302に入力されて、N個の並列シンボルに変換される。直列並列変換器302の出力の中で、n個のシンボルは係数aの複素乗算器303にそれぞれ入力される。複素乗算器303によって振幅がa倍にされたn個のシンボルは、図1(B)に示したキャリア番号1からnのサブキャリアに対応するIFFT演算器304の入力端子にそれぞれ入力される。また、それ以外のシンボルは、図1(B)に示したキャリア番号n+1か

らNのサブキャリアに対応するIFFT演算器304の入力端子にそれぞれ入力される。キャリア番号1からnのサブキャリアを変調するシンボルの振幅をそれ以外のシンボルの振幅よりも大きくすることによって、図1

(B)に示すスペクトルOFDM変調波を生成することができる。IFFT演算器304の出力は、並列直列変換器305に入力されて直列に変換される。並列直列変換器305の出力の実部および虚部は、それぞれアナログデジタル(A/D)変換器306、307でアナログ信号に変換され、低域通過フィルタ(LPF)308、309で帯域制限される。低域通過フィルタ308、309の出力は、それぞれ乗算器310、311に入力され、局部発振器312からの位相 $0^\circ$ および位相 $90^\circ$ の局発信号によって直交変調される。乗算器310、311の出力は加算器313で加算され、帯域通過フィルタ314で帯域制限されて送信される。

【0019】図4は、図1のOFDM伝送方法に対応した受信装置の実施例を示す図である。図4において、受信信号はチューナ回路401によって中間周波帯に変換され、帯域通過フィルタ(ナイキストフィルタ)402によって帯域制限される。帯域通過フィルタ402の出力は乗算器403、404に入力され、局部発振器405からの位相 $0^\circ$ および位相 $90^\circ$ の局部発信号によって準同期直交検波される。

【0020】乗算器403、404の出力は、それぞれ低減通過フィルタ406、407を通してアナログデジタル変換器408、409に入力され、デジタル信号に変換される。ここで、クロック再生回路415によって再生されたクロック信号がアナログデジタル変換器408、409に供給される。また、再生されたクロック信号はタイミング回路416に入力され、タイミング回路416によって生成されたタイミング信号が各回路に供給される。アナログデジタル変換器(A/D)408、409の出力は、直列並列変換器410に入力されて並列の複素データに変換される。直列並列変換器410の出力をFFT演算器411に入力してFFT演算を行うことによって、OFDM変調波が復調される。OFDM復調されたN個のシンボルの中で、キャリア番号1からnのサブキャリアの復調シンボルの振幅は送信側でa倍になっている。したがって係数 $1/a$ の複素乗算器412を用いて元の振幅にもどす。OFDM復調されたN個のシンボルは、並列直列変換器413に入力されて直列に変換される。並列直列変換器413の出力は、シンボル識別器414において遅延検波された後に識別されて、デジタルTV信号に復号される。

【0021】図3の送信装置において、直列並列変換器302の後に複素乗算器303を置いて、キャリア番号1からnのサブキャリアに入力するシンボルの振幅を大きくしているが、直列並列変換器302の前に複素乗算器を置いてシンボルごとに係数を変えることによって、

キャリア番号1からnのサブキャリアに入力するシンボルの振幅を大きくすることも可能である。

【0022】また同様に図4の受信装置において、並列直列変換器413の後に複素乗算器を置いてシンボルごとに係数を変えることによって、キャリア番号1からnのサブキャリアの復調シンボルの振幅を元にもどすことも可能である。

【0023】図5は、本発明のOFDM伝送方法の他の実施例を示す図である。図5(A)はアナログTV受信機のナイキストフィルタの特性を示し、図5(B)はOFDM変調波のスペクトルを示す。図5において、501はナイキストフィルタの特性、502はNTSC方式の映像搬送波、503はOFDM変調波のスペクトル、504はOFDMサブキャリアを示す。図5に示すように、アナログTV受信機のナイキストフィルタの特性が減衰している周波数帯域において、OFDMスペクトルがナイキストフィルタの逆特性になるようにOFDMサブキャリア(キャリア番号1からn)の振幅を定める。図5のOFDM伝送方法を用いることによって、デジタルTV受信機とアナログTV受信機の共用化を図り、またOFDM復調部の構成を簡略化することができる。

【0024】図6は、図5のOFDM伝送方法における送信装置の実施例を示す図である。図6の構成は、図3の装置の構成と同様であるが、直列並列変換器602とIFFT演算器604との間において、OFDM変調波のスペクトルがナイキストフィルタの逆特性になるように複素乗算器603の係数 $a_1$ から $a_n$ を定め、キャリア番号1からnのサブキャリアに入力するシンボルの振幅を規定する。

【0025】図7は、図5のOFDM伝送方法における受信装置の実施例を示す図である。図7において、チューナ回路701およびナイキストフィルタ702は、アナログ受信機と共通のものを使用する。送信側でOFDM変調波のスペクトルはナイキストフィルタの逆特性に整形されているので、ナイキストフィルタ702を通ったOFDM変調波のスペクトルは受信帯域内で平坦になる。したがってFFT演算器711の出力がそのまま復調シンボルとなり、シンボルの振幅を元にもどすための複素乗算器を省くことができる。その他は、図4の構成と同様である。また、アナログ変調波を受信した場合は、ナイキストフィルタ702の出力をアナログ復調器716に入力することによって、アナログTV信号を復調することができる。

【0026】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、アナログTV放送に与える妨害を少なく保ち同時に、OFDMによるデジタルTV放送の耐妨害性を向上させ、またデジタル受信機とアナログ受信機との共用化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す図。

【図2】NTSC方式の伝送方法を説明する図。

【図3】図1のOFDM伝送方法における送信装置の実施例を示す図。

【図4】図1のOFDM伝送方法における受信装置の実施例を示す図。

【図5】本発明の他の実施例を示す図。

【図6】図5のOFDM伝送方法における送信装置の実施例を示す図。

【図7】図5のOFDM伝送方法における受信装置の実施例を示す図。

【図8】OFDM変調波のスペクトルを示す図。

【図9】従来のOFDM伝送方法における送信装置を示す図。

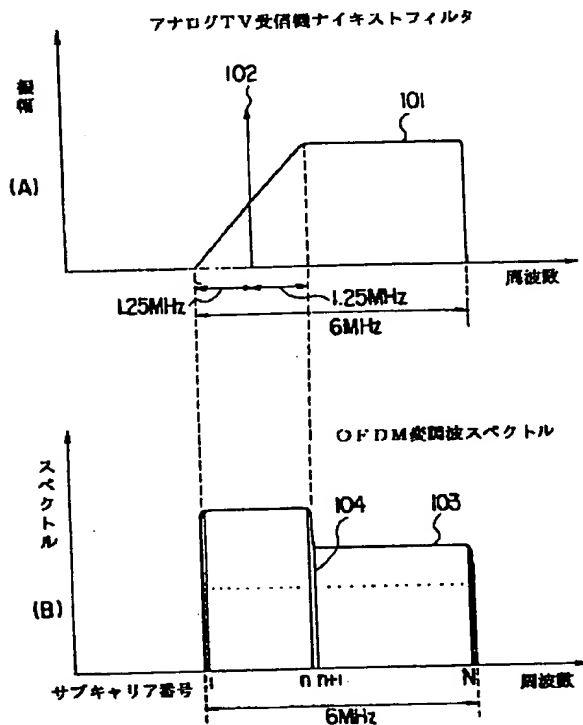
【図10】従来のOFDM伝送方法における受信装置を示す図。

【図11】従来のOFDM伝送方法を説明する図。

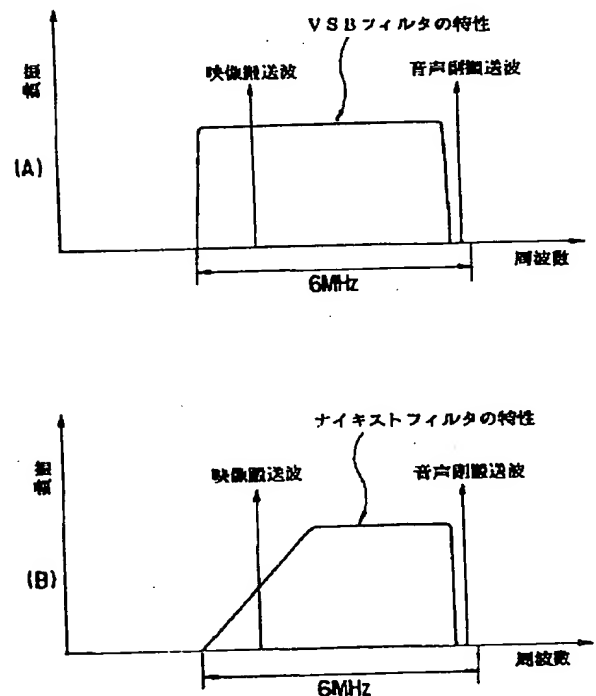
【符号の説明】

101…ナイキストフィルタの特性、102…映像搬送波、103…OFDM変調波のスペクトル、104…OFDMサブキャリア、301、601…シンボル符号化器、302、410、602、710…直列並列変換器、303、412、603…複素乗算器、304、604…IFFT演算器、305、413、605、712…並列直列変換器、306、307、606、607…デジタルアナログ変換器、308、309、406、407、608、609…低域通過フィルタ、310、311、403、404、610、611、703、704…乗算器、313、613…加算器、314、402、614、706、707…帯域通過フィルタ、315、416、715…タイミング回路、401、701…チューナ回路、408、409…アナログデジタル変換器、411、711…FFT演算器、414、713…シンボル識別器、415…クロック再生回路、716…アナログ復調回路。

【図1】

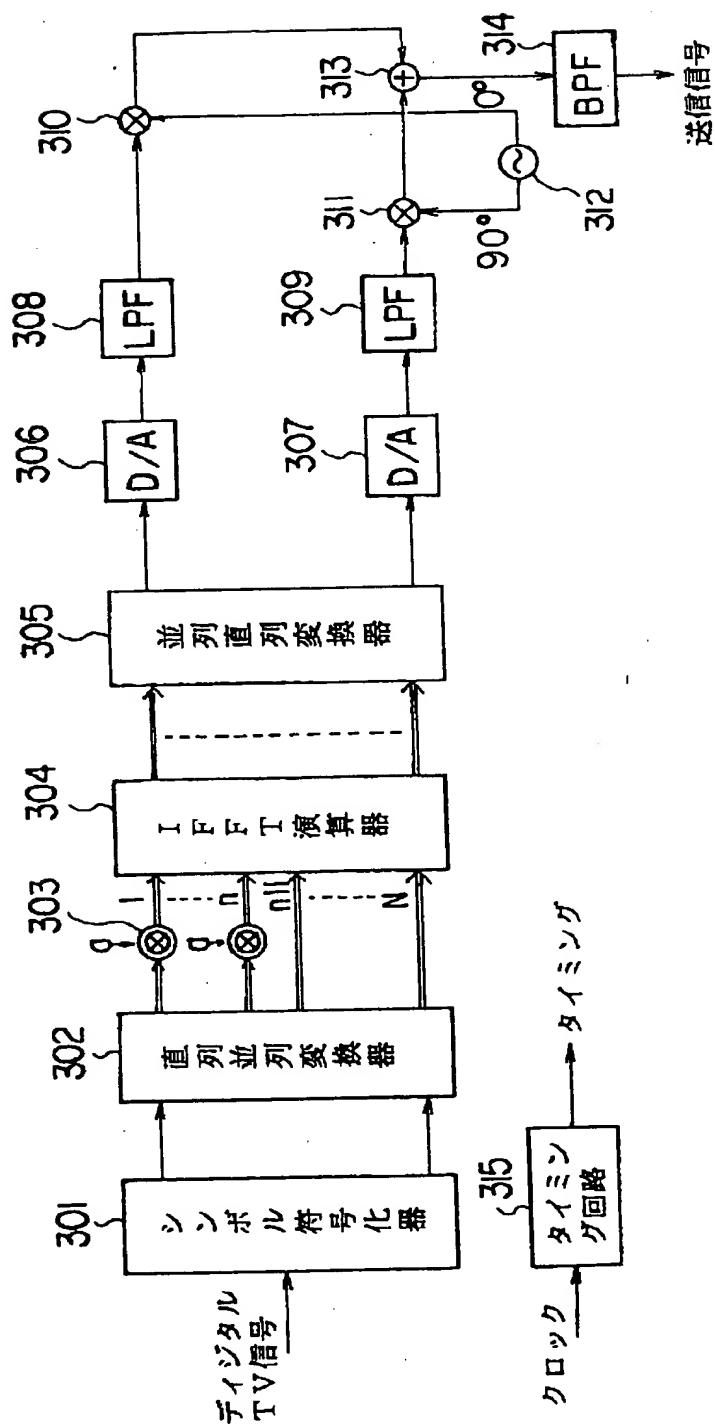


【図2】



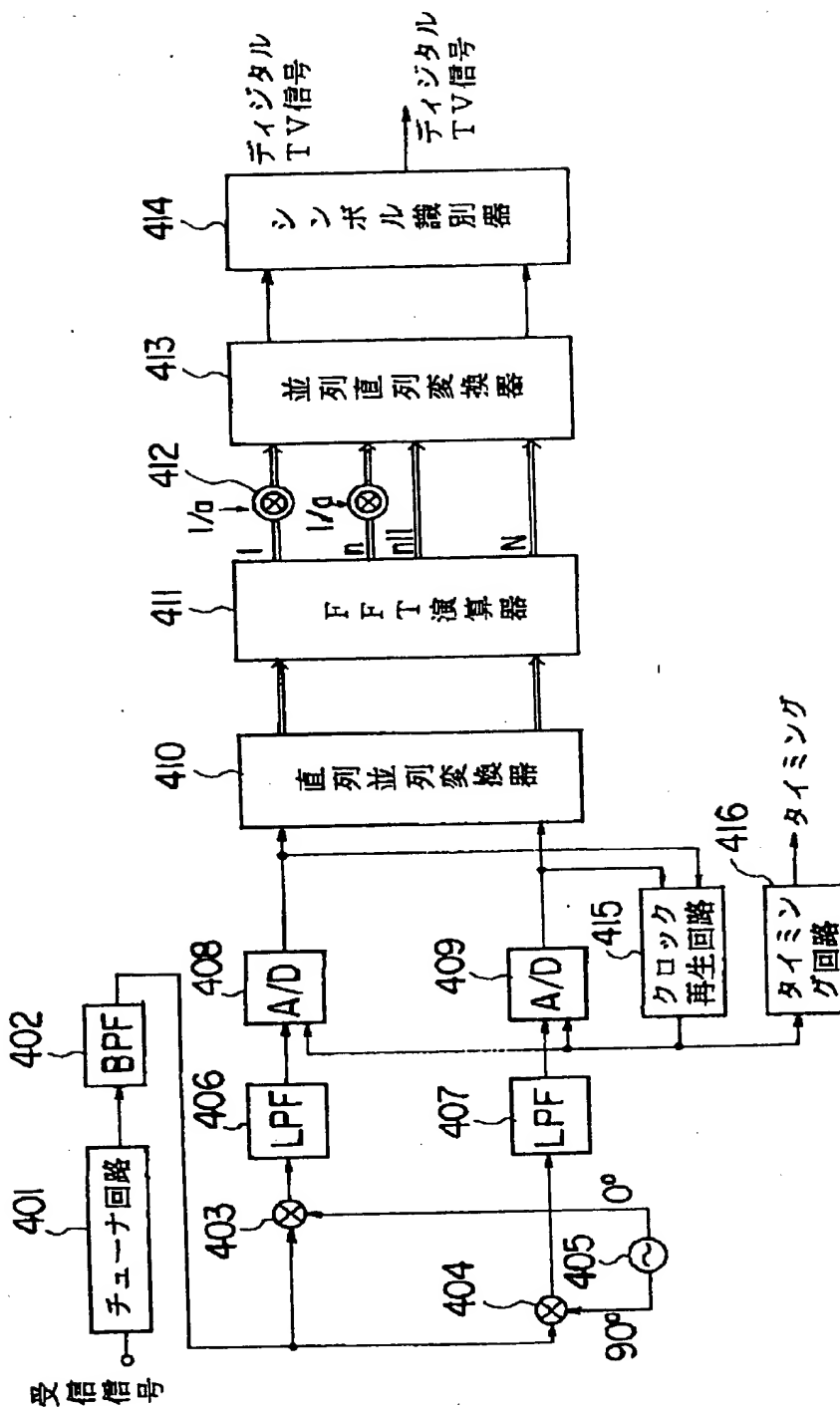
(7)

【図3】

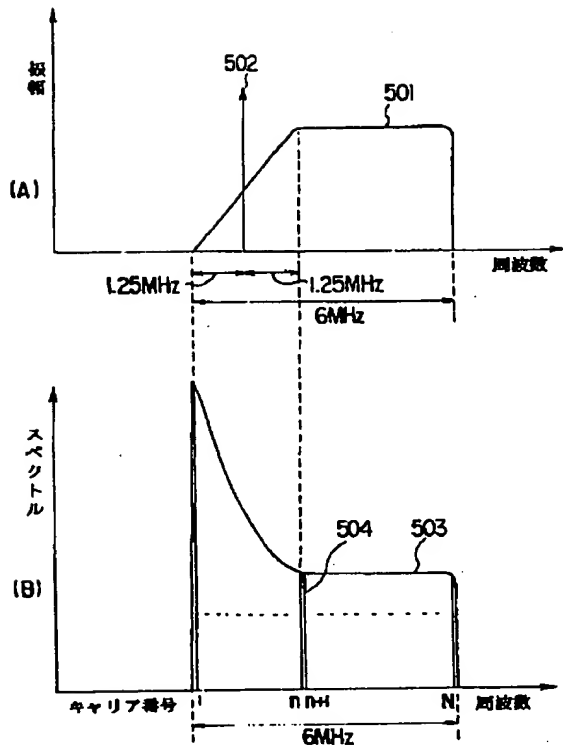




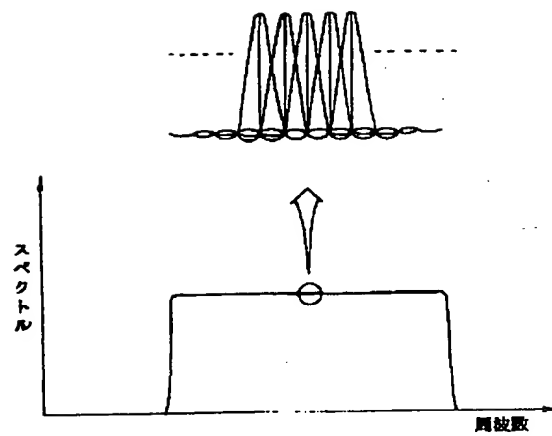
【図4】



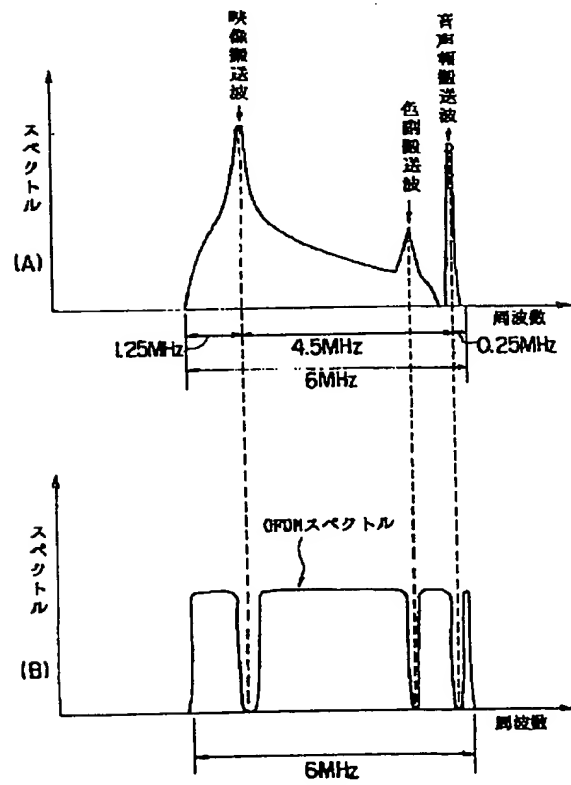
【図5】



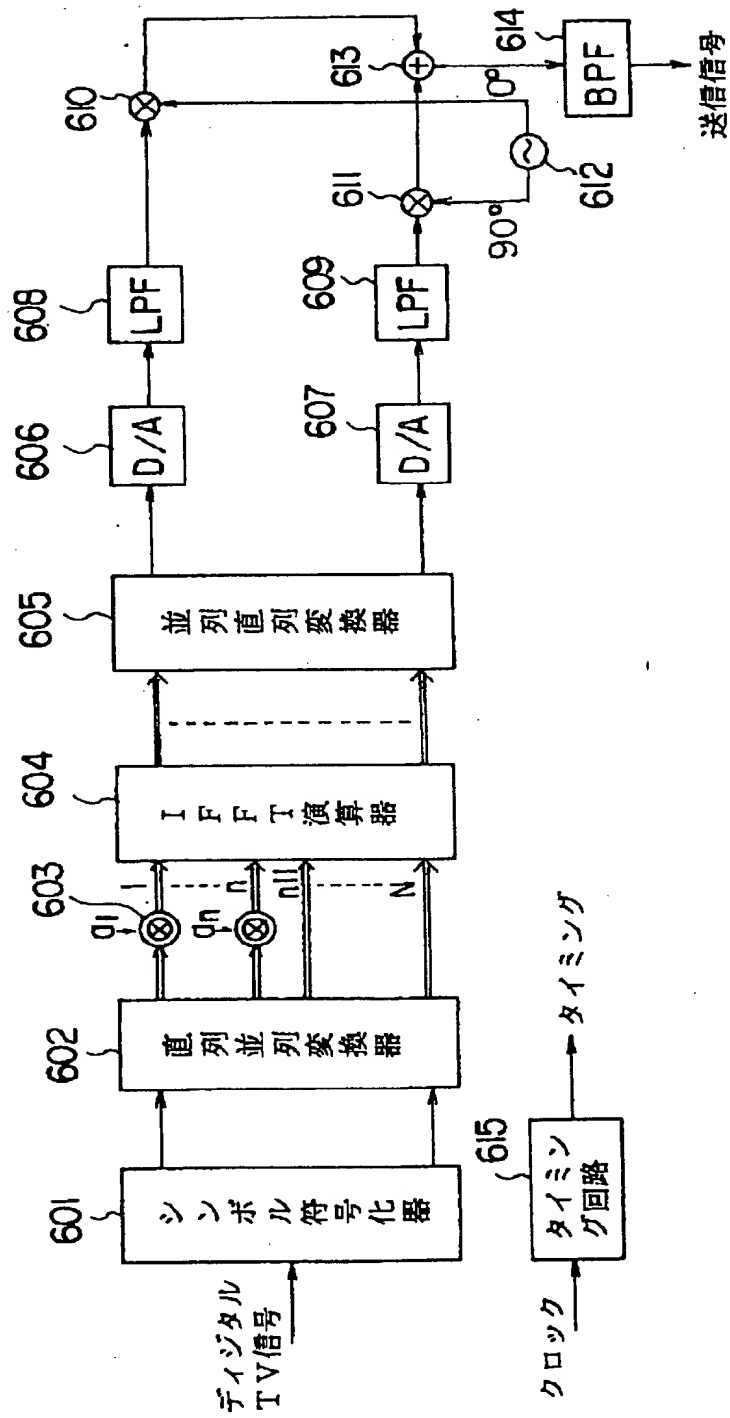
【図8】



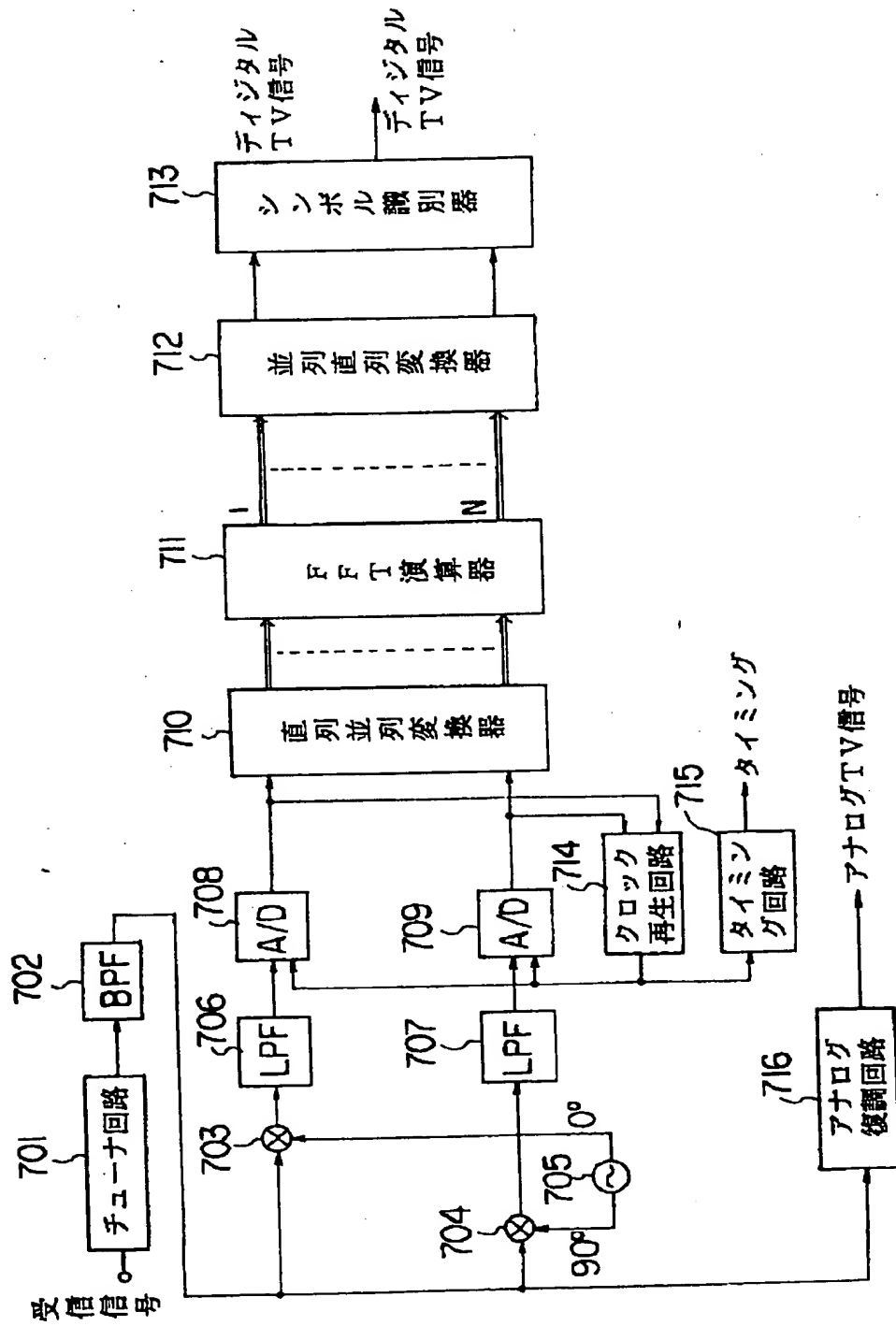
【図11】



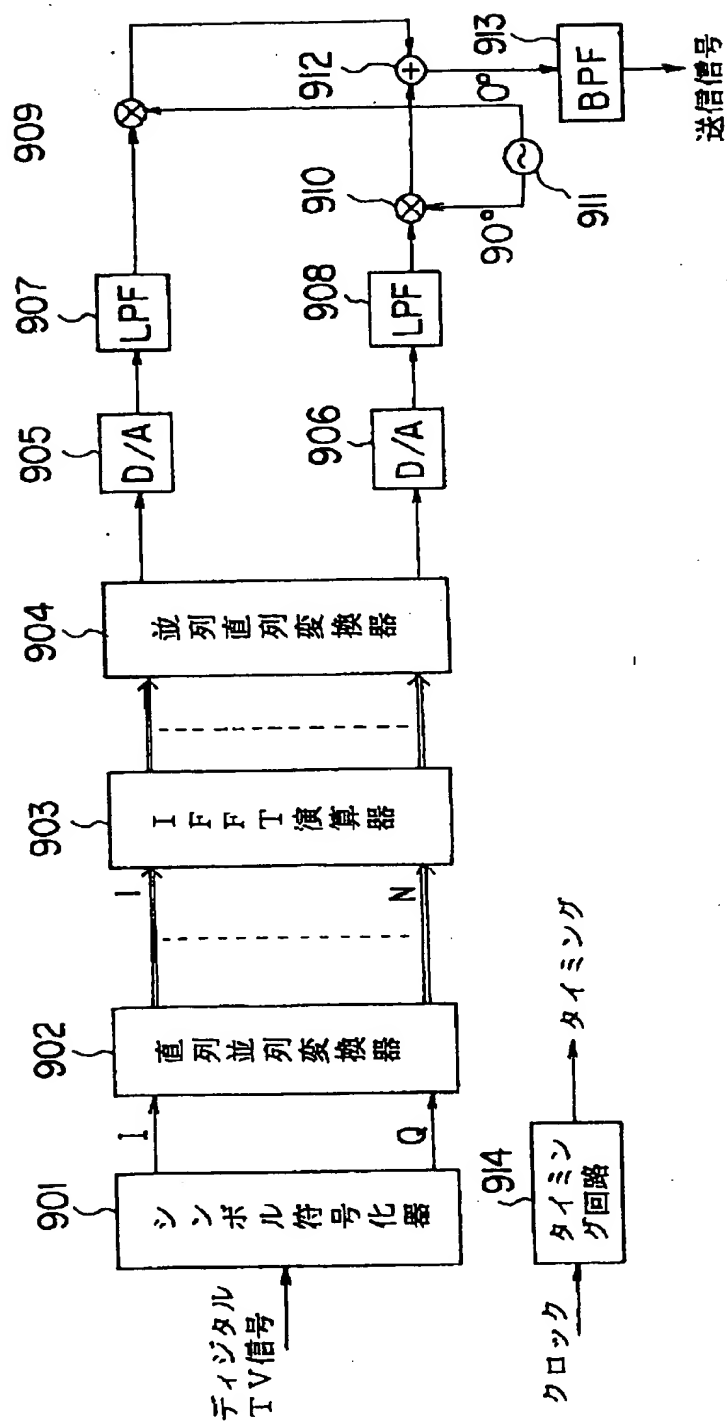
【図6】



【図 7】



【図9】



【図10】

